

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2001-285706

(43)Date of publication of application : 12.10.2001

(51)Int.Cl.

H04N 5/235

H04N 5/202

// H04N101:00

(21)Application number : 2000-101470 (71)Applicant : NIKON CORP

(22)Date of filing : 03.04.2000 (72)Inventor : OKADA SADAMI

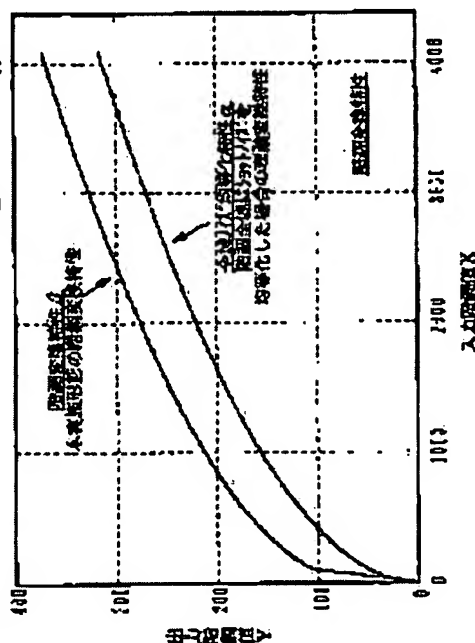
(54) ELECTRONIC CAMERA, RECORDING MEDIUM HAVING IMAGE PROCESSING PROGRAM RECORDED THEREON AND IMAGE PROCESSING METHOD

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide an electronic camera for compatibly reducing invalid information efficiently and improving image quality.

SOLUTION: This electronic camera is provided with a dark part gradation conversion part for gradation-converting image signals corresponding to linear conversion characteristics in the case that the input gradation value of picked-up image signals is darker than a prescribed value and a bright part gradation conversion part for gradation-converting the image signals corresponding to nonlinear characteristics for satisfying both conditions (1) and (2) mentioned below in the case that the input gradation value of the image signals is brighter than the prescribed value.

(1) An inclination for practically equalizing the average noise amplitude of the image signals regardless of an output gradation value is provided. (2) Offsetting is performed so as to be continued with the gradation conversion characteristics of the dark part gradation conversion part.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination] 08.09.2005

[Date of sending the examiner's decision of

rejection]

[Kind of final disposal of application other
than the examiner's decision of rejection or
application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number] 3757747

[Date of registration] 13.01.2006

[Number of appeal against examiner's
decision of rejection]

[Date of requesting appeal against
examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2001-285706

(P2001-285706A)

(43) 公開日 平成13年10月12日 (2001. 10. 12)

(51) Int.Cl. ⁷	識別記号	F I	テームコード* (参考)
H 0 4 N 5/235		H 0 4 N 5/235	5 C 0 2 1
5/202		5/202	5 C 0 2 2
// H 0 4 N 101:00		101:00	

審査請求 未請求 請求項の数10 O L (全 10 頁)

(21) 出願番号 特願2000-101470(P2000-101470)

(22) 出願日 平成12年4月3日 (2000. 4. 3)

(71) 出願人 000004112

株式会社ニコン

東京都千代田区丸の内3丁目2番3号

(72) 発明者 岡田 貞実

東京都千代田区丸の内3丁目2番3号 株

式会社ニコン内

(74) 代理人 100072718

弁理士 古谷 史旺

Fターム(参考) 5C021 PA85 PA99 XA03 XA34 XA35

XA61 YA01 ZA01

5C022 AA13 AB51 AC00 AC69

(54) 【発明の名称】 電子カメラ、画像処理プログラムを記録した記録媒体、および画像処理方法

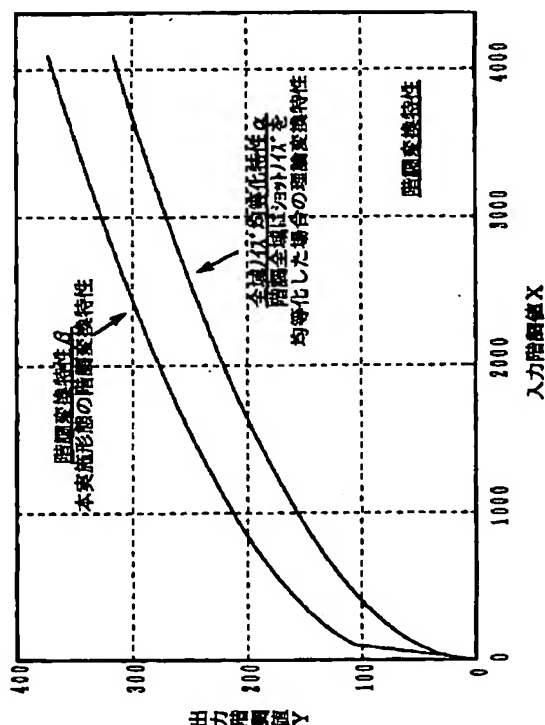
(57) 【要約】

【課題】 本発明は、無効情報の効率的削減と良好な画像品質とを両立させた電子カメラを提供することを目的とする。

【解決手段】 本発明の電子カメラは、撮像した画像信号の入力階調値が所定値より暗い場合、線形変換特性に従って画像信号を階調変換する暗部階調変換部と、画像信号の入力階調値が所定値より明るい場合、下記①②の両条件を満足する非線形特性に従って画像信号を階調変換する明部階調変換部とを備えたことを特徴とする。

①画像信号の平均ノイズ振幅を出力階調値によらず実質的に均等化する傾きを有する。

②暗部階調変換部の階調変換特性と連続するようにオフセットされる。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 撮像した画像信号に対して階調変換を実行する電子カメラにおいて、

画像信号の入力階調値が所定値より暗い場合、線形変換特性に従って前記画像信号を階調変換する暗部階調変換部と、

画像信号の入力階調値が所定値より明るい場合、下記①②の両条件を満足する非線形特性に従って前記画像信号を階調変換する明部階調変換部と

①画像信号の平均ノイズ振幅を出力階調値によらず実質的に均等化する傾きを有する

②前記暗部階調変換部の階調変換特性と連続するようにオフセットされる

を備えたことを特徴とする電子カメラ。

【請求項2】 請求項1に記載の電子カメラにおいて、前記暗部階調変換部は、入力階調値Xを出力階調値Yとしてそのまま出力することを特徴とする電子カメラ。

【請求項3】 請求項1または請求項2に記載の電子カメラにおいて、

前記明部階調変換部は、下式の出力階調値Yを出力する

$$Y = A \cdot \sqrt{X} + C$$

(ただし、Xは入力階調値、Aは比例係数、Cは前記暗部階調変換部の特性と連続させるために調整されるオフセット値である)

ことを特徴とする電子カメラ。

【請求項4】 請求項1ないし請求項3のいずれか1項に記載の電子カメラにおいて、

前記明部階調変換部は、前記画像信号の入力階調値が第2の所定値より明るい場合、前記非線形の階調変換特性と連続する線形変換特性に従って画像信号を階調変換することを特徴とする電子カメラ。

【請求項5】 請求項1ないし請求項4のいずれか1項に記載の電子カメラにおいて、

前記明部階調変換部および前記暗部階調変換部には、少なくとも2通りの階調変換特性の組み合わせが予め設定され、いずれか1通りが選択可能であることを特徴とする電子カメラ。

【請求項6】 請求項1ないし請求項5のいずれか1項に記載の電子カメラにおいて、

前記暗部階調変換部または前記明部階調変換部を介して画像信号を階調変換した後で画像信号をデータ圧縮する第1圧縮モードと、前記暗部階調変換部および前記明部階調変換部を介さず画像信号をデータ圧縮する第2圧縮モードとを少なくとも有し、いずれか一方のモードを選択実行可能なデータ圧縮部を備えたことを特徴とする電子カメラ。

【請求項7】 請求項1ないし請求項6のいずれか1項に記載の電子カメラにおいて、

前記暗部階調変換部または前記明部階調変換部を介して画像信号を階調変換した後で画像信号をデータ圧縮する

第1圧縮モードと、前記暗部階調変換部および前記明部階調変換部を介さず、かつ画像信号をデータ圧縮しない非圧縮モードとを少なくとも有し、いずれか一方のモードを選択実行可能なデータ圧縮部を備えたことを特徴とする電子カメラ。

【請求項8】 コンピュータを、請求項1ないし請求項5のいずれ1項に記載の前記暗部階調変換部および前記明部階調変換部として機能させるための画像処理プログラムを記録した機械読み取り可能な記録媒体。

【請求項9】 コンピュータを、請求項6ないし請求項7のいずれ1項に記載の前記暗部階調変換部、前記明部階調変換部およびデータ圧縮部として機能させるための画像処理プログラムを記録した機械読み取り可能な記録媒体。

【請求項10】 入力された画像信号に対して階調変換を実行する画像処理方法において、

前記画像信号の入力階調値が所定値より暗い場合、線形変換特性に従って前記画像信号を階調変換する暗部階調ステップと、

前記画像信号の入力階調値が所定値より明るい場合、下記①②の両条件を満足する非線形特性に従って前記画像信号を階調変換する明部階調変換ステップと

①画像信号の平均ノイズ振幅を出力階調値によらず均等化する傾きを有する

②前記暗部階調変換部の階調変換特性と連続するようにオフセットされる

を有することを特徴とする画像処理方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、撮像した画像信号に対して階調変換を実行する電子カメラ、およびコンピュータ上で画像情報に対して同様の階調変換を実行するための画像処理プログラムを記録した記録媒体、および画像処理方法に関する。

【0002】

【従来の技術】従来、入力階調値と平均ノイズ振幅との依存関係に基づいて、画像信号を非線形に階調変換し、出力階調値の全域にわたってノイズを均等に除去する信号変換技術が知られている。例えば、特開昭63-290028号公報には、次式のような階調変換を行う信号変換器が開示されている。

【数1】

$$Y = c \int_b^x [1/n(\xi)] d\xi \quad \cdots [式1]$$

(ただし、Xは入力階調値、Yは出力階調値、 ξ は積分変数、 $n(\xi)$ は入力階調値 ξ における平均ノイズ振幅、bおよびcは別個に定める定数)この【式1】の階調変換と量子化とを併せて行うことにより、出力階調値Yの大きさによらずノイズを均等に除去し、画像信号の情報量を効率的に削減することが可能となる。また、こ

の出力階調値Yを、[式1]の逆変換で階調復元することにより、ノイズの減少した復元画像信号を得ることが可能となる。

【0003】

【発明が解決しようとする課題】本願発明者は、入力階調値Xに依存するショットノイズを均等化する階調変換を考えた。(なお、ショットノイズを均等化する態様については、上述した特開昭63-290028号公報には特に記載されておらず、本願出願時においても非公知である。)

しかしながら、ショットノイズ均等化の階調変換を施した場合、階調復元後の画像信号に非連続な階調段差(いわゆるトビ)が生じやすく、豊かな階調感が失われやすいという問題点が生じる。さらに、ショットノイズ均等化の階調変換では、極めて暗い階調域において出力階調値Yがとびとびの値をとりやすい。そのため、この階調域に混入する微小な固定パターンノイズや暗電流が、出力階調値Yに増幅して現れやすいという問題点が生じる。

【0004】そこで、請求項1〜7に記載の発明では、無効情報の効率的削減と良好な画像品質とを両立させた電子カメラを提供することを目的とする。また、請求項8、9に記載の発明では、請求項1〜7の電子カメラと同様の階調変換をコンピュータ上で実行するための画像処理プログラムを記録した記録媒体を提供することを目的とする。さらに、請求項10に記載の発明では、請求項1の電子カメラと同様の階調変換を実行する画像処理方法を提供することを目的とする。

【0005】

【課題を解決するための手段】《請求項1》請求項1に記載の発明は、撮像した画像信号に対して階調変換を実行する電子カメラにおいて、画像信号の入力階調値が所定値より暗い場合、線形変換特性に従って画像信号を階調変換する暗部階調変換部と、画像信号の入力階調値が所定値より明るい場合、下記①②の両条件を満足する非線形特性に従って画像信号を階調変換する明部階調変換部とを備えたことを特徴とする。

①画像信号の平均ノイズ振幅を出力階調値によらず実質的に均等化する傾きを有する。

②暗部階調変換部の階調変換特性と連続するようにオフセットされる。

【0006】上記構成の暗部階調変換部は、画像信号の入力階調値が所定値より暗い領域(以下『暗部領域』という)において、線形変換特性により画像信号を階調変換する。この暗部領域は、信号レベルが元々小さいため、ショットノイズのようなレベル依存性ノイズは少ない。そのため、暗部領域においてレベル依存性ノイズを均等化しないことによる不利益は少ない。逆に、この暗部領域を線形変換することにより、出力階調値に非線形

なトビやつぶれが生じず、陰影や髪の毛などの階調感を豊かに維持することが可能となる。

【0007】一方、明部階調変換部は、画像信号の入力階調値が所定値より明るい領域(以下『明部領域』という)において、上記条件①②を具備する非線形特性を用いて画像信号を階調変換する。このとき、条件①を具備することにより明部領域の平均ノイズ振幅が出力階調値によらず均等化される。その結果、例えば、下記のような信号処理上の利点を得ることが可能となる。

(A) 出力階調値を量子化することにより、出力階調値の大小によらず、ノイズを均等に除去することができる。

(B) このような量子化によって出力階調値から無効な情報が削除される。その結果、出力階調値のデータ量を合理的に小さくすることができる。

【0008】さらに、条件②によって、この出力階調値はオフセットされ、暗部領域の出力階調値との連続性が保たれる。したがって、明部領域と暗部領域との画像境界において、階調にトビや無用な逆転が生じず、階調を自然につなげることが可能となる。また階調復元を行う場合には、この画像境界に階調逆転が発生していないので、一意に階調復元を行うことが可能となる。請求項1に記載の電子カメラは、上記の階調変換動作により、無効情報の効率的削減と良好な画像品質とを巧緻に両立させることが可能となる。

【0009】《請求項2》請求項2に記載の発明は、請求項1に記載の電子カメラにおいて、暗部階調変換部は、入力階調値Xを出力階調値Yとしてそのまま出力することを特徴とする。上記構成では、画像上の暗部領域において、入力階調値Xが出力階調値Yとしてそのまま出力される。そのため、暗部領域(例えば、物体の陰影や髪の毛など)の階調感が実質的に完全保存される。したがって、請求項2の電子カメラでは、暗部領域の階調豊かな再生画像や画像プリントを得ることが可能となる。

【0010】《請求項3》請求項3に記載の発明は、請求項1または請求項2に記載の電子カメラにおいて、明部階調変換部は、下式の出力階調値Yを出力することを特徴とする。

$$Y = A \cdot \sqrt{X} + C \quad \cdots \text{[式2]}$$

(ただし、Xは入力階調値、Aは比例係数、Cは暗部階調変換部の特性と連続させるために調整されるオフセット値である)

通常、入力階調値Xにおけるショットノイズの平均ノイズ振幅Nxは、比例係数をBとして、

$$N_x = B \cdot \sqrt{X} \quad \cdots \text{[式3]}$$

と表される。この場合、階調変換後の出力階調値Yに含まれる平均ノイズ振幅Nyは、

$$N_y \approx N_x \cdot (dY/dX) = A \cdot B/2 = \text{一定値} \quad \cdots \text{[式5]}$$

となり、出力階調値によらず実質的に均等化される。したがって、[式2]の階調変換を実行することにより、明部領域のショットノイズを効率的に階調圧縮して、無効な情報量を効率的に削減することが可能となる。さらに、[式2]では、オフセット値Cを調整して、暗部領域の出力階調値との連続性が保たれる。したがって、明部領域と暗部領域との画像境界において、階調にトビや無用な逆転が生じず、階調を自然につなげることが可能となる。

【0011】《請求項4》請求項4に記載の発明は、請求項1ないし請求項3のいずれか1項に記載の電子カメラにおいて、明部階調変換部は、画像信号の入力階調値が第2の所定値より明るい場合、非線形の階調変換特性と連続する線形変換特性に従って画像信号を階調変換することを特徴とする。

【0012】上記構成では、明部階調変換部は、画像信号の入力階調値が第2の所定値(>請求項1記載の所定値)より明るい領域(以下『最明部領域』という)において、非線形の階調変換特性と連続する線形変換特性を用いて画像信号を階調変換する。したがって、最明部領域において、画像信号に非線形なつぶれが生じることがなく、最明部領域(例えば、白いカップの凹凸模様など)における階調再現性を極めて自然に高めることが可能となる。また、明部領域と最明部領域において階調変換特性が連続するので、明部領域と最明部領域との画像境界に階調のトビや逆転は生じず、階調を自然につなげることが可能となる。

【0013】《請求項5》請求項5に記載の発明は、請求項1ないし請求項4のいずれか1項に記載の電子カメラにおいて、明部階調変換部および暗部階調変換部には、少なくとも2通りの階調変換特性の組み合わせが予め設定され、いずれか1通りが選択可能であることを特徴とする。

【0014】本発明では、明部領域および暗部領域それぞれの階調変換特性を設定するので、従来に比べて多種多様な階調変換特性の組み合わせを容易かつ自由に作成することが可能となる。そこで、本発明の電子カメラは、これら組み合わせの中から少なくとも2通りを選んで、階調変換部に予め設定しておく。したがって、本発明の電子カメラにおいては、操作者や電子カメラが、撮像画像や被写界の特徴(例えば平均輝度レベルやノイズの量や輝度レンジ)に応じて、より適正な階調変換を適宜に選択実行することが可能となる。

【0015】《請求項6》請求項6に記載の発明は、請求項1ないし請求項5のいずれか1項に記載の電子カメラにおいて、暗部階調変換部または明部階調変換部を介して画像信号を階調変換した後で画像信号をデータ圧縮する第1圧縮モードと、暗部階調変換部および明部階調変換部を介さずに画像信号をデータ圧縮する第2圧縮モードとを少なくとも有し、いずれか一方のモードを選択

実行可能なデータ圧縮部を備えたことを特徴とする。

【0016】上記構成では、第1圧縮モードを選択実行することにより、無効情報の効率的削減と良好な画像品質とを巧緻に両立させた圧縮画像データを生成することが可能となる。一方、第2圧縮モードを選択実行することにより、階調圧縮による無効情報の効率的削減はなされないが、その分だけ階調再現性が高い、高画質な圧縮画像データを生成することが可能となる。

【0017】《請求項7》請求項7に記載の発明は、請求項1ないし請求項6のいずれか1項に記載の電子カメラにおいて、暗部階調変換部または明部階調変換部を介して画像信号を階調変換した後で画像信号をデータ圧縮する第1圧縮モードと、暗部階調変換部および明部階調変換部を介さず、かつ画像信号をデータ圧縮しない非圧縮モードとを少なくとも有し、いずれか一方のモードを選択実行可能なデータ圧縮部を備えたことを特徴とする。

【0018】上記構成では、第1圧縮モードを選択実行することにより、無効情報の効率的削減と良好な画像品質とを巧緻に両立させた圧縮画像データを生成することが可能となる。一方、非圧縮モードを選択実行することにより、階調圧縮による無効情報の効率的削減はなされないが、その分だけ階調再現性が高い、高画質な画像データを生成することが可能となる。

【0019】《請求項8》請求項8に記載の記録媒体は、コンピュータを、請求項1ないし請求項5のいずれ1項に記載の前記暗部階調変換部および前記明部階調変換部として機能させるための画像処理プログラムが記録されていることを特徴とする。上記記録媒体中の画像処理プログラムを実行することにより、請求項1～5のいずれか1項に記載の電子カメラと同様の階調変換処理をコンピュータ上で実行することが可能となる。

【0020】《請求項9》請求項9に記載の記録媒体には、コンピュータを、請求項6ないし請求項7のいずれ1項に記載の前記暗部階調変換部、前記明部階調変換部およびデータ圧縮部として機能させるための画像処理プログラムが記録されていることを特徴とする。上記記録媒体中の画像処理プログラムを実行することにより、請求項6～7のいずれか1項に記載の電子カメラと同様の階調変換処理をコンピュータ上で実行することが可能となる。

【0021】《請求項10》請求項10に記載の画像処理方法は、入力された画像信号に対して階調変換を実行する画像処理方法において、画像信号の入力階調値が所定値より暗い場合、線形変換特性に従って画像信号を階調変換する暗部階調ステップと、画像信号の入力階調値が所定値より明るい場合、下記①②の両条件を満足する非線形特性に従って画像信号を階調変換する明部階調変換ステップとを有することを特徴とする。

①画像信号の平均ノイズ振幅を出力階調値によらず均等

化する傾きを有する。

②暗部階調変換部の階調変換特性と連続するようにオフセットされる。

上記の各ステップを実行することにより、請求項1に記載の電子カメラと同様の階調変換処理を実行することが可能となる。

【0022】

【発明の実施の形態】以下、図面に基づいて本発明における実施の形態を説明する。

【0023】《第1の実施形態》第1の実施形態は、請求項1～3、10に記載の発明に対応する電子カメラの実施形態である。図1は、電子カメラ11の構成を示すブロック図である。図2は、電子カメラ11の撮像動作を説明する流れ図である。図3は、電子カメラ11の再生動作を説明する流れ図である。まず、図1および図2を用いて、電子カメラ11の撮像動作について概略説明を行う。電子カメラ11には、撮影レンズ12が装着される。この撮影レンズ12を介して、被写体像が撮像素子13の撮像面に形成される。この撮像素子13は、レリーズ操作などに応じて被写体像を光電変換して画像信号を生成する(図2S1)。

【0024】この画像信号は、信号処理部14を介して黒レベルクランプ処理などが実行された後、A/D変換部15を介して、各色12ビットのRAWデータにデジタル変換される。CPU19は、操作部23の操作情報に基づいて、ROM19aから階調変換用のLUT(Look Up Table)を選択し、選択したLUTを階調変換部16に伝達する。階調変換部16は、伝達されたLUTに従ってRAWデータを階調変換する(図2S2)。

【0025】階調変換部16で階調変換されたRAWデータは、バス17へ順次出力される。画像圧縮部20は、バッファメモリ18を一時格納場所として使用しながら、このRAWデータに対して可逆圧縮(例えばDPCM圧縮)を実施する(図2S3)。CPU19は、可逆圧縮されたRAWデータに対してLUTの識別情報などを付与して圧縮画像ファイルを生成し、メモ리카ード21に記録する(図2S4)。

【0026】上述した一連の動作により、電子カメラ11の撮像動作が完了する。次に、図1および図3を用いて、電子カメラ11の再生動作について概略説明を行う。なお、この再生動作は、電子カメラ11に限らず、コンピュータなどを用いて実行しても勿論かまわない。

$$N_y \cong N_x \cdot (dY/dX) = B \cdot \sqrt{X} \cdot (dY/dX) \quad \cdots \text{[式7]}$$

となる。

【0031】この[式7]で N_y を定数と置いて、階調変換後の平均ノイズ振幅 N_y を均等化する階調変換式を求めると、

$$Y = A \cdot \sqrt{X} + C \quad \cdots \text{[式8]}$$

が得られる。ただし、Aは比例係数、Cはオフセット値

まず、CPU19は、メモ리카ード21から圧縮画像ファイルを読み出す(図3S11)。CPU19は、この圧縮画像ファイルを伸長し、可逆圧縮前のRAWデータに戻す(図3S12)。

【0027】さらに、CPU19は圧縮画像ファイル中のLUTの識別情報に基づいて、ROM19aから階調逆変換用のLUTを選択し、選択したLUTを階調変換部16に伝達する。階調変換部16は、伝達されたLUTに従ってRAWデータを階調逆変換する(図3S13)。CPU19と、このようにして階調復元されたRAWデータを、モニタ表示部22や別の信号処理系へ出力する(図3S14)。上述した一連の動作により、電子カメラ11の再生動作が完了する。

【0028】(請求項の記載事項と本実施形態との対応関係)以下、本発明と第1の実施形態との対応関係について説明する。請求項1～3の記載事項と本実施形態との対応関係については、暗部階調変換部はCPU19および階調変換部16による『暗部領域の階調変換を行う機能』に対応し、明部階調変換部はCPU19および階調変換部16による『明部領域の階調変換を行う機能』に対応する。

【0029】(階調変換特性の作成手順)以下、本実施形態の特徴であるLUT(図4中の階調変換特性 β)の作成手順について説明する。なおここでは、説明の都合上、LUTの作成者を電子カメラ11の開発者と仮定して説明する。まず、開発者は、階調変換部16の入力時点において、『画像信号の入力階調値』と『レベル依存性の平均ノイズ振幅』との依存関係を、実測や理論計算などにより求める。

【0030】例えば、ショットノイズの場合、光電変換による発生電子数を S_e とすると、ノイズの瞬時振幅(電子数)は、分散 $\sqrt{S_e}$ のガウス分布を示す。したがって、『撮像素子13の発生電子数 S_e 』から『階調変換部16の入力階調値X』までの変換過程がほぼ線形ならば、出力階調値Xにおけるショットノイズの平均ノイズ振幅 N_x は、適当な比例係数Bを用いて、 $N_x = B \cdot \sqrt{X} \quad \cdots \text{[式6]}$

と表される。(ただし、発生電子数 S_e から入力階調値Xまでの変換過程に、ガンマ変換その他の非線形カーブが介在する場合には、その非線形カーブの影響を含めて導出した平均ノイズ振幅 N_x の式を以下使用する。)ここで、階調変換後の平均ノイズ振幅 N_y は、

である。仮に、この[式8]の階調変換を入力階調値Xの全域に施すすると、 $X=Y=0$ の初期条件から、 $Y = A \cdot \sqrt{X} \quad \cdots \text{[式9]}$

が得られる。図4中に示す全域ノイズ均等化特性 α は、[式9]の計算結果を整数化して作成した特性である。

【0032】開発者は、この全域ノイズ均等化特性 α を

用いて、テスト画像等の階調変換を試行し、階調復元後（または階調変換後）の画像について下記の評価を行う。

(1) 画像の暗い部分に発生する階調のトビ（またはつぶれ）

(2) 画像の暗い部分におけるショットノイズ均等化による無効情報の削減効果

【0033】開発者は、これらの評価結果から、画像信

$$Y = X \quad (\text{ただし、} 0 \leq X \leq 107)$$

開発者は、[式10]の階調変換特性に連続するように、[式8]のオフセット値Cを決定し、下記のような

$$Y = A \cdot \sqrt{X} + (107 - A \cdot \sqrt{107}) \quad (\text{ただし、} A = 4.941, \quad 108 \leq X \leq 4095) \quad \dots [\text{式11}]$$

開発者は、[式10]および[式11]の計算結果を整数化してLUTを作成し、作成したLUTをROM19aに格納する。図4中に示す階調変換特性 β は、このように作成されたLUTをグラフ化したものである。

【0035】(第1の実施形態の効果など)以下、図5～7を参照しながら、階調変換特性 β と全域ノイズ均等化変換 α とについて比較説明を行う。

【0036】◎図5に示す階調変換特性 β による改善効果について

図5は、入力階調値[0～6]における階調変換特性を示す図である。全域ノイズ均等化変換 α では、図5に示すように、入力階調値[0～6]における出力階調値がトビトビの値を取る。例えば、入力階調値が0から1に変化した場合、出力階調値は0から5へ急にジャンプする。このようなとびとびの出力階調値により出力階調値Yのレンジには無駄が生じる。そのため、全域ノイズ均等化変換 α は、出力階調値Yのレンジ有効利用の観点から好ましくない。さらに、固定パターンノイズや暗電流によって入力階調値が0と1の間を変動した場合、全域ノイズ均等化変換 α では、ノイズ変動幅が5に増幅されてしまう。この増幅されたノイズは、後段の補間処理やローパス処理などで周囲に派生しやすく、弊害が大きい。したがって、全域ノイズ均等化変換 α は、暗部領域のノイズ削減の観点からも好ましくない。一方、本実施形態の階調変換特性 β では、図5に示されるように、出力階調値がトビトビの値を取らない。したがって、階調変換特性 β では、無効な出力階調値は存在せず、出力階調値Yのレンジを有効利用することができる。さらに、固定パターンノイズや暗電流によって入力階調値が0と1の間を変動した場合、階調変換特性 β では、ノイズ変動幅は増幅されない。したがって、暗部領域のノイズが不要に目立ったり、増幅されたノイズが周囲に派生することがなく、非常に良好な画像品質が得られる。

【0037】◎図6に示す階調変換特性 β の改善効果について

図6は、入力階調値[7～107]における階調変換後のヒストグラムを示す図である。全域ノイズ均等化変換

の階調域を、[式9]による階調変換に適した明部領域と、[式9]による階調変換に適さない暗部領域とに区分する。例えば、上記の評価結果からは、暗部領域を入力階調値[0～107]の領域とし、明部領域を入力階調値[108～4095]とすることが好ましい。

【0034】開発者は、この暗部領域について下記のような線形の階調変換式を決定する。

・ ・ [式10]

明部領域の階調変換式を得る。

α では、図6に示すように、入力階調値[7～107]が出力階調値[13～51]へ階調圧縮される。この階調領域における階調つぶれは陰影や髪の毛のディテールを大きく損なうこととなるため、画像品質を大きく損ねてしまう。また、再生時に階調復元を行った場合、[7～107]の階調域において復元階調値は39段数のとびとびの値をとる。そのため、階調復元後のヒストグラムは櫛歯状となり、陰影部分の滑らかな階調表現を大きく損ねてしまう。一方、本実施形態の階調変換特性 β は、図6に示すように、入力階調値[7～107]を出力階調値[7～107]にそのまま階調変換する。そのため、陰影や髪の毛などのディテールが完全に保存され、階調感の滑らかさや豊かさを確実に維持することが可能となる。

【0038】◎図7に示す階調変換特性 β の改善効果について

図7は、入力階調値[108～4095]におけるノイズ振幅の均等化効果を示す図である。本実施形態の階調変換特性 β においても、明部領域の入力階調値[108～4095]では、階調変換後にショットノイズの平均ノイズ振幅が均等化される。この階調域[108～4095]は、画像信号の信号レベルが大きいためにショットノイズも大きく、ノイズ全体に占めるショットノイズの割合が比較的高い。したがって、この入力範囲[108～4095]においてショットノイズの平均振幅を均等化することにより、画像信号のノイズを均等に削減し、ノイズ削減および圧縮率向上を実現することができる。

【0039】◎階調変換特性 β の連続性による改善効果について

上述した[式11]では、オフセット値Cを調整して、両領域の階調変換特性を連続させている。したがって、両領域の画像境界において階調が不連続になったり、逆転することがなく、自然な階調変化を保つことができる。また階調復元を行う場合も、この画像境界に階調逆転が生じていないので、一意に階調復元を行うことが可能となる。次に、別の実施形態について説明する。

【0040】《第2の実施形態》第2の実施形態は、請求項1～3、5～7、10に記載の発明に対応する電子カメラの実施形態である。なお、電子カメラの構成は、第1の実施形態(図1)と同じため、ここでの説明を省略する。

【0041】第2の実施形態における動作上の特徴点は、次の点である。

(1) 複数のLUT(階調変換特性)が予めROM19a内に格納される。

(2) 画像圧縮部20は、可逆圧縮を実行するか否かを選択可能である。

(3) CPU19は、操作部23からの圧縮モードの設定に応じて、『階調変換特性を行うか否かの選択』と『階調変換を行う場合にはLUTの選択』と『可逆圧縮を行うか否かの選択』とを決定し、RAWデータの記録処理を制御する。

以下、電子カメラ11に用意された、各圧縮モードについて特徴点を説明する。

【0042】◎非圧縮モード(請求項7に記載の非圧縮モードに該当する)

階調変換・・・無し

可逆圧縮・・・無し

非圧縮モードは、A/D変換部15から出力されるRAWデータをそのまま記録するモードである。したがって、RAWデータを完全に復元することが可能となる。画像信号の画素数が2000×1312であり、1画素当たり12ビットデータの場合、画像信号の記録容量は約4Mバイトとなる。

【0043】◎完全ロスレスモード(請求項6に記載の第2圧縮モードに該当する)

階調変換・・・無し

可逆圧縮・・・有り

完全ロスレスモードは、A/D変換部15から出力されるデジタル画像データを可逆圧縮して記録するモードである。したがって、可逆伸長によりRAWデータを完全に復元することが可能となる。一般的な画像信号の記録容量は、約2.8Mバイト(圧縮率70%)程度となる。

【0044】◎実質ロスレス圧縮モード(請求項6、7に記載の第1圧縮モードに該当する)

階調変換・・・図8中のLUT1

可逆圧縮・・・有り

実質ロスレス圧縮モードは、暗部領域[0～107]において線形変換の階調変換を実施し、明部領域[108～4095]において、ショットノイズの平均ノイズ振幅を量子化ステップとして階調変換を行うモードである。この場合、明部領域のショットノイズが大部分除去され、その分だけ画像信号の記録容量が低減する。一般的な画像信号の記録容量は、約2Mバイト(圧縮率50%)程度となる。

【0045】◎画質優先モード(請求項6、7に記載の第1圧縮モードに該当する)

階調変換・・・図8中のLUT2

可逆圧縮・・・有り

画質優先モードは、暗部領域[0～107]において線形変換の階調変換を実施し、明部領域[108～4095]において、量子化ステップを実質ロスレスモードよりも小さくしたモードである。なお具体的には、[式11]中の比例係数Aを増加させている。この場合、階調変換によって明部領域のショットノイズを少な目に除去しつつ、明部領域の階調つぶれを回避することが可能となる。その結果、ヒストグラムに生じる櫛歯特性を軽減することも可能となる。この画質優先モードでは、一般的な画像信号の記録容量が、約2.4Mバイト(圧縮率60%)程度となる。

【0046】◎圧縮率優先モード(請求項6、7に記載の第1圧縮モードに該当する)

階調変換・・・図8中のLUT3

可逆圧縮・・・有り

圧縮率優先モードは、暗部領域[0～27]において線形変換の階調変換を実施し、明部領域[28～4095]において、量子化ステップを実質ロスレスモードよりも大きくしたモードである。この場合、明部領域の範囲が拡大し(分岐点S1→S2)、かつ明部領域の階調圧縮がより強くなる。なお具体的には、[式11]中の比例係数Aを減少させ、かつオフセット値Cを変更している。この場合、RAWデータの圧縮率をより向上させることが可能となる。この圧縮率優先モードでは、一般的な画像信号の記録容量が、約1.6Mバイト(圧縮率40%)程度となる。

【0047】《実施形態の補足事項》なお、上述した実施形態では、電子カメラ11の実施形態について説明したが、これに限定されるものではない。請求項8、9に記載したように、本発明の階調変換を実行するための画像処理プログラムを記録媒体に記録してもよい。この記録媒体中の画像処理プログラムをコンピュータ上で起動することにより、本発明の階調変換をコンピュータ上で実行することが可能となる。

【0048】また、上述した実施形態では、明部領域の全域にわたって平均ノイズ振幅を均等化しているが、これに限定されるものではない。請求項4に記載したように、明部領域中の最明部領域について線形変換を実行してもよい。この場合、最明部領域(白いカップの凹凸模様など)に階調つぶれなどが少なくなり、画像の階調再現性を極めて効果的に高めることが可能となる。図9は、このような階調変換特性の一例を示した図である。

【0049】なお、上述した実施形態では、LUTを使用して階調変換を行う場合について説明したが、これに限定されるものではない。例えば、[式10]および[式11]などの演算式に従って、入力階調値Xから出

力階調値 Y を算出しても勿論かまわない。またこのとき、演算式として整数演算の式を使用しても勿論よいし、算出された出力階調値 Y を後から整数化しても勿論かまわない。また、アナログ画像信号の階調変換に本発明を適用しても勿論かまわない。また、上述した実施形態では、連続系の階調変換式を導出した後にLUTを作成しているが、本発明はこれに限定されるものではない。例えば、入力側の平均ノイズ振幅に比例させて明部領域の量子化ステップ（請求項1記載の『傾き』に対応）を設定し、かつ暗部領域と明部領域の分岐点が実質的に繋がる（請求項1記載の『連続』に対応）ようにオフセット値を設定することにより、LUTを直に作成してもよい。このように、請求項に記載の『傾き』、『連続』といった用語は、連続系のみに限定解釈されるものではなく、離散系にも拡大解釈することが可能である。

【0050】

【発明の効果】《請求項1》請求項1に記載の電子カメラでは、画像上の暗部領域において線形の階調変換を実行する。この暗部領域は信号レベルが小さく、ショットノイズのようなレベル依存性ノイズは比較的少ない。したがって、暗部領域ではレベル依存性ノイズを均等化しないことによる不利益は少ない。逆に、この暗部領域を線形変換することにより、暗部領域には非線形なトビやつぶれが生じず、陰影や髪の毛などの階調感をより豊かに再現することが可能となる。一方、明部領域では、上記条件①を具備した階調変換を実行することによりレベル依存性ノイズを均等に削減し、ノイズ削減および圧縮率向上を実現することができる。さらに、上記条件②を具備したことによって、暗部領域と明部領域の境界に階調段差や階調逆転は生じず、自然な階調変化を保つことができる。以上の動作により、請求項1に記載の電子カメラは、無効情報の効率的削減と良好な画像品質とを両立させることが可能となる。

【0051】《請求項2》請求項2に記載の電子カメラは、画像上の暗部領域において、入力階調値 X を出力階調値 Y として出力する。そのため、暗部領域（例えば、陰影や髪の毛など）の階調感が完全に保存される。したがって、階調感が極めて豊かな画像を良好に再現することが可能となる。

【0052】《請求項3》請求項3に記載の電子カメラでは、暗部領域の階調再現性を維持しつつ、明部領域のショットノイズを均等に階調圧縮することが可能となる。

【0053】《請求項4》請求項4に記載の電子カメラでは、最明部領域において線形の階調変換を実施するので、最明部領域（白いカップの凹凸模様など）につぶれなどが少なく、画像の階調再現性を極めて効果的に高めることが可能となる。

【0054】《請求項5》請求項5に記載の電子カメラでは、両階調変換特性の組み合わせを選択実行できるの

で、より適正な階調変換を選択実行することが可能となる。

【0055】《請求項6》請求項6に記載の電子カメラでは、第1圧縮モードを選択実行することにより、無効情報の効率的削減と良好な撮像品質とを両立させた圧縮画像データを生成することが可能となる。一方、第2圧縮モードを選択実行することにより、無効情報の効率的削減はなされないが、その分だけ階調再現性が高い、高画質な圧縮画像データを生成することが可能となる。

【0056】《請求項7》請求項7に記載の電子カメラでは、第1圧縮モードを選択実行することにより、無効情報の効率的削減と良好な撮像品質とを巧緻に両立させた圧縮画像データを生成することが可能となる。一方、非圧縮モードを選択実行することにより、無効情報の効率的削減はなされないが、その分だけ階調再現性が高い、高画質な画像データを生成することが可能となる。

【0057】《請求項8、9》請求項8、9に記載の記録媒体中の画像処理プログラムを実行することにより、請求項1～7のいずれか1項に記載の電子カメラと同様の階調変換処理をコンピュータ上で実行することが可能となる。

【0058】《請求項10》請求項10に記載の画像処理方法を実行することにより、請求項1に記載の電子カメラと同様の階調変換処理を実行することが可能となる。

【図面の簡単な説明】

【図1】電子カメラ11の構成を示すブロック図である。

【図2】電子カメラ11の撮像動作を説明する流れ図である。

【図3】電子カメラ11の再生動作を説明する流れ図である。

【図4】第1の実施形態における階調変換特性 β を示す図である。

【図5】入力階調値[0～6]における階調変換特性を示す図である。

【図6】入力階調値[7～107]における階調変換後のヒストグラムを示す図である。

【図7】入力階調値[108～4095]におけるノイズ振幅の均等化効果を示す図である。

【図8】第2の実施形態における階調変換特性を示す図である。

【図9】最明部領域において線形変換を行う階調変換特性を示す図である。

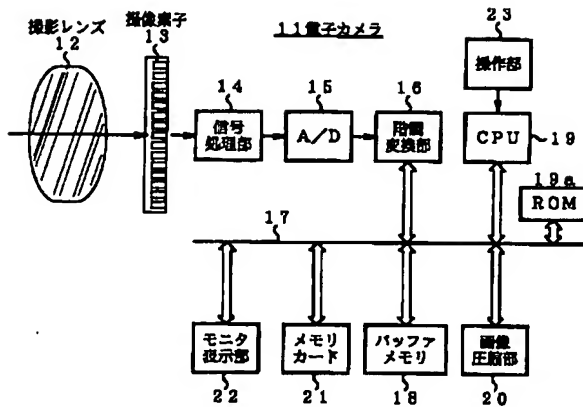
【符号の説明】

- 11 電子カメラ
- 12 撮影レンズ
- 13 撮像素子
- 14 信号処理部
- 15 A/D変換部

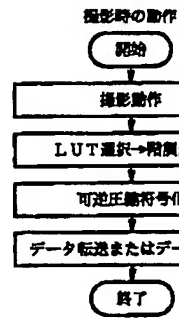
16 階調変換部
17 バス
18 バッファメモリ
19 CPU
19a ROM

20 画像圧縮部
21 メモリカード
22 モニタ表示部
23 操作部

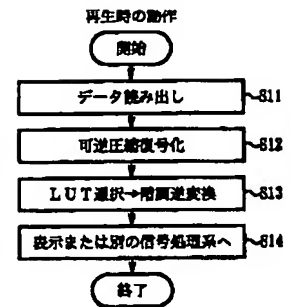
【図1】



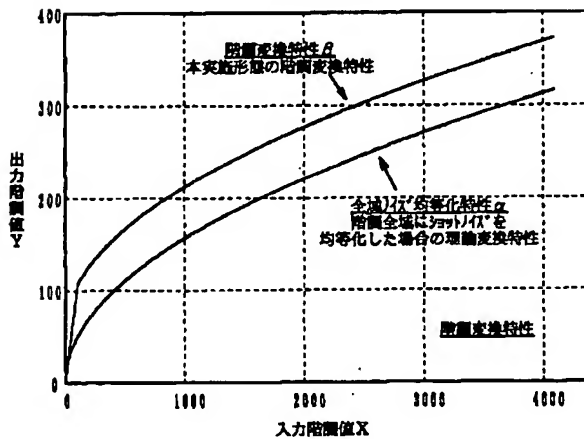
【図2】



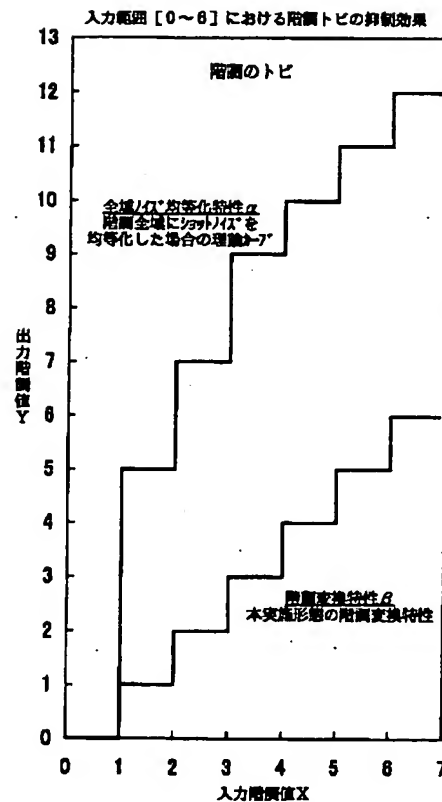
【図3】



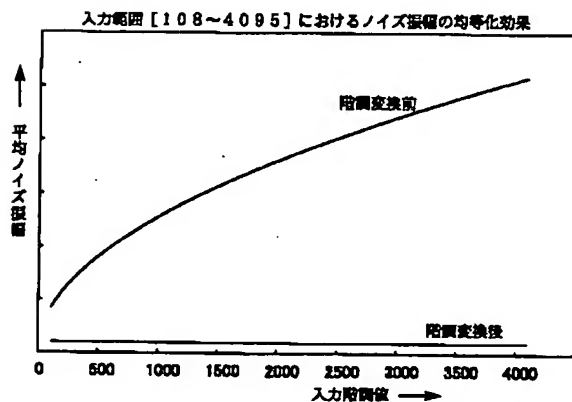
【図4】



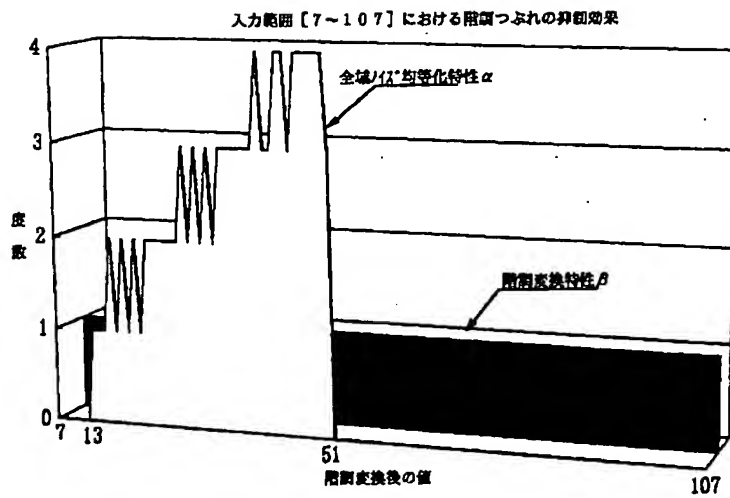
【図5】



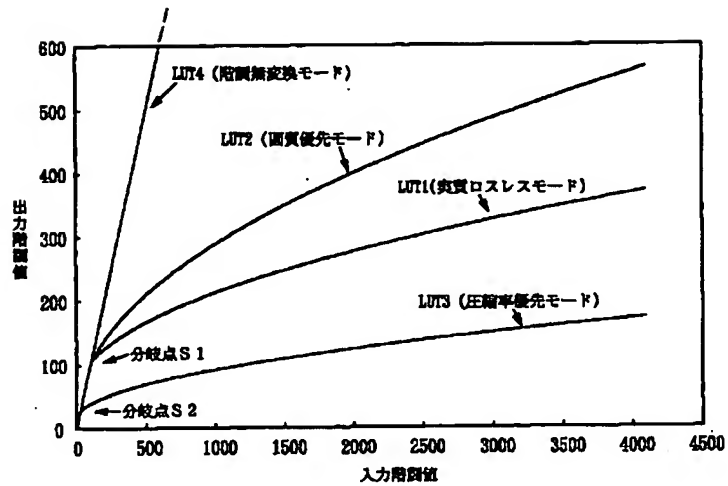
【図7】



【図6】



【図8】



【図9】

